

Quelques observations sur les badlands du Canal de Berdun

(Haut-Aragon, Espagne)

par A. OZER

Resumen. — *El paisaje de la Canal de Berdún se destaca por sus « badlands » desarrollados en las margas eocenas. El autor describe cuatro tipos de « cárcavas », analiza los factores que influyen en su forma y su génesis y considera finalmente el problema de las pendientes : la erosión y el transporte se efectúan sobre todo entre 30° y 35°, mientras que la deposición tiene lugar entre 10° y 15°, esencialmente.*

Ciertas observaciones permiten descubrir « cárcavasfósiles » enmascaradas por el limo.

Résumé. — *Le paysage du Canal de Berdun est remarquable par ses Badlands développés dans la marne éocène. L'auteur décrit quatre types de ravines, analyse les facteurs qui influencent leur forme et leur genèse ; enfin il envisage le problème des pentes : l'érosion et le transport s'effectuent surtout entre 30 et 35° tandis que le dépôt se localise essentiellement de 10 à 15°.*

Quelques observations permettent de retrouver des « ravines-fossiles » masquées par du limon.

Le paysage du Canal de Berdun (Province de Huesca, Espagne) est marqué notamment par un développement spectaculaire de ravines d'érosion communément appelées *Badlands*. Nous (1) nous sommes attachés à les décrire, les classifier et ensuite à ébaucher leur genèse.

I. — SITUATION

Au pied des Pyrénées, à hauteur de Jaca et de Berdun, s'étire une dépression large de 3 à 5 km, orientée E-W et appelée « Canal de Berdun » (N. Llopis Llado, 1947 ; M. Soler Sampere et C. Puigdefabregas, 1972) (2). Celle-ci est constituée principalement par des marnes d'âge éocène (Lutétien

(1) Cette recherche a été réalisée lors du camp des géographes de l'Université de Liège, en septembre 1972. Ce stage était dirigé par J. Alexandre. L'équipe qui a étudié les *Badlands* était composée de D. BELAYEW, M.-P. OZER-HENDRICKX, T. TOCK, D. VANDERSCHRAEGE et C. WILDIERS. Qu'ils soient tous remerciés ici de leur participation enthousiaste.

(2) Voir la bibliographie à la fin de cette note.

supérieur) alternant parfois avec des grès marneux et du calcaire. Bordée au nord par les contreforts des Pyrénées (calcaire et grès marneux) et au sud par les plateaux formés de terrains continentaux oligocènes (conglomérat de l'Oroel et de San Juan de la Peña), cette dépression est due à la faible dureté et à la nature friable de la marne sur laquelle l'action érosive du Rio Aragon, de ses affluents et des cônes rocheux qui leur sont associés a pu se développer considérablement. Le Canal de Berdun est d'ailleurs marqué par une série de niveaux de terrasses et de cônes alluviaux qui, grâce à leur couverture caillouteuse, protègent les marnes sous-jacentes d'une action trop rapide de l'érosion.

D'autre part, nous avons observé que, sur ces marnes, la pédogenèse est peu développée ; l'épaisseur du sol est réduite à quelques décimètres ; ceci va de pair avec un couvert végétal très maigre.

Le climat, comme le montre le diagramme (Fig. 1), est assez particulier. A Jaca, les précipitations annuelles sont de 723 mm avec des maxima de pluviosité en automne et au printemps. Une saison sèche estivale existe également mais est moins marquée que dans le climat méditerranéen classique. Les températures moyennes sont assez basses ; en effet la température moyenne annuelle n'est que de 10,6°, ce qui est dû à l'altitude (829 m).

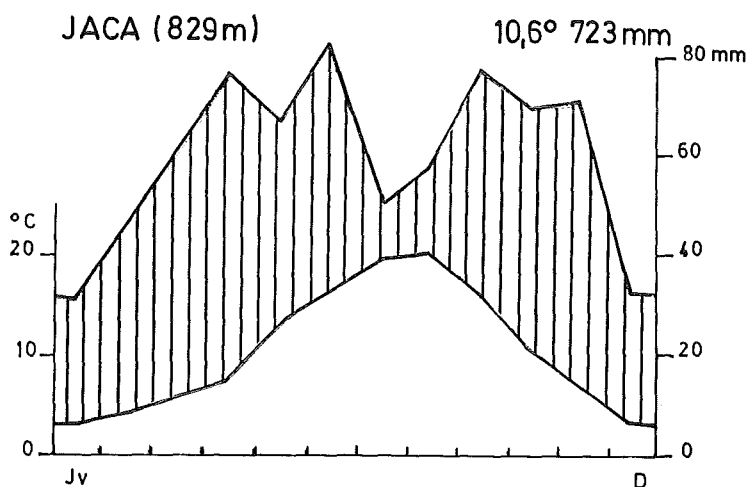


FIG. 1. — Diagramme de Gausse pour la station de Jaca.

II. — TYPES DE BADLANDS

Le substratum marneux friable et peu perméable, surmonté par un profil pédologique à peine développé, une maigre végétation et des précipitations

estivales peu fréquentes mais surtout de caractère orageux, sont les éléments qui ont permis le développement intense des *Badlands* du Canal de Berdun.

Nous avons ainsi pu définir quatre types de ravines :

A. — TYPE I (fig. 2a).

Développées sur de fortes pentes, s'observent de petites ravines parallèles, peu profondes (quelques mm), qui suivent la ligne de plus grande pente. Seule la couche superficielle d'écaillés. Leur caractère principal est d'être éphémère, elles ne servent généralement marneuses a été emportée. D'autre part, la pente excessive ne permet aucun dépôt. Parfois, cependant, la rencontre d'un obstacle tel une racine, une touffe d'herbes..., dévie la ravine et la fait converger vers une autre créant ainsi une ravine plus profonde ; c'est la naissance du type II.

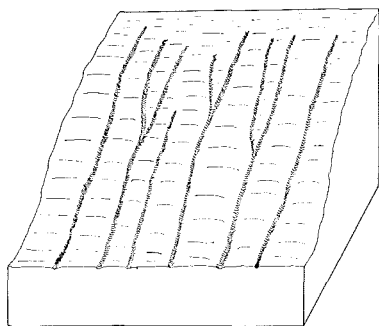


FIG. 2 a. — Ravines type I

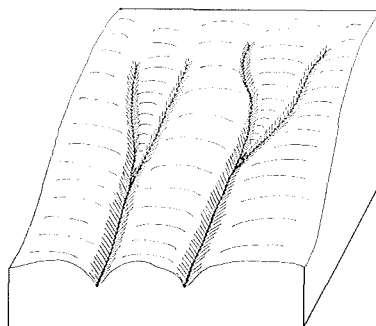


FIG. 2 b. — Ravines type II

B. — TYPE II (fig. 2b).

L'union de deux ou de plusieurs ravines de type I entraîne la formation d'une ravine plus importante — pouvant atteindre 1,5 m à 2 m — et permanente. Parfois également, mais le cas est plus rare, le type II est le prolongement vers l'aval d'une seule ravine de type I. L'érosion verticale est prépondérante dans cette ravine et sa section transversale se présente sous forme d'un V. Ce type de badland est le plus développé. Il ne s'y effectue qu'érosion et transport.

C. — TYPE III (fig. 2c).

Lorsque les ravines de type II rencontrent un obstacle — banc plus dur, végétation, dépôts... — l'érosion verticale est considérablement freinée voire même annulée. Elle laisse alors place à une érosion latérale qui tend à contourner l'obstacle. Cela se marque aussi par une diminution de pente qui permet le développement de dépôts sur le fond. Généralement, ceux-ci sont constitués par les débris de la roche-mère, mais aussi par des plaquettes provenant de diaclases, des éléments argileux de grès marneux ou de nodules jaunâtres inclus dans la marne. De plus, il importe de signaler également la présence de galets soit peu émoussés soit à émoussé fluvatile, suivant la nature de la couverture démantelée, cône ou terrasse. La section transversale de ces ravines est en forme d'U.

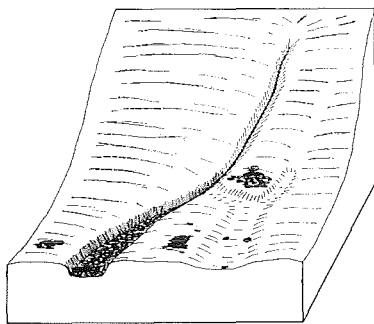


FIG. 2 c. — Ravines types III et IV (dessins D. Belayew).

D. — TYPE IV (fig. 2c).

Le type III peut atteindre un degré d'évolution extrême : l'érosion latérale fait disparaître les interfluves entre ravines, les remplaçant par des bombements convexes. Cette évolution peut même aller jusqu'à la formation d'un aplanissement ; ce dernier précède alors le versant affecté par l'érosion.

III. — FACTEURS MORPHOLOGIQUES

Lors de son développement, une ravine peut rencontrer divers obstacles qui modifient sa forme, son profil, son cours. Parmi ceux-ci, nous avons repéré l'influence de la nature de la roche, des diaclases, des glissements de terrain et de la végétation.

En effet, la marne comporte en son sein des bancs parfois plus durs ou des passées de grès marneux. Si la ravine rencontre un banc de pendage et de direction obliques par rapport à son axe, elle glisse sur ce banc en le dégageant. Elle forme alors un versant structural. Généralement de telles ravines sont asymétriques.

Si le banc est horizontal, l'érosion verticale est considérablement freinée et fait place à de l'érosion latérale. D'autre part, le banc dégagé entraîne une diminution de pente du profil longitudinal de la ravine, ce qui détermine un dépôt à l'amont qui favorise également le développement de l'érosion latérale. Par contre, à l'aval, une cascade peut se former accompagnée d'érosion régressive par sapement à la base ; la tranche du banc se trouve alors en encorbellement.

De nombreuses diaclases traversent la marne. Elles sont souvent remplies de calcite ou tapissées de sels de fer, ce qui les renforce. Face à l'érosion, elles se comportent comme un banc dur.

Parfois, les glissements de terrain affectant les versants encombrant le fond des ravines ; de même, des racines retiennent des éléments transportés : ces obstacles freinent l'érosion verticale et obligent l'eau à les contourner, provoquant une érosion latérale et le passage du type II au type III.

IV. — LES PENTES

L'étude des profils en long nous a permis de voir sur quelles classes de pente les ravines se répartissent. Ces profils ont été réalisés en mesurant la longueur de chaque section rectiligne ainsi que leur pente en utilisant soit le niveau d'Abney, soit un clisimètre Méridian. Pour chaque profil, nous présentons un histogramme des pentes (Fig. 4 et 5) en séparant le domaine du dépôt de celui de l'érosion et du transport. Nous décrivons ici deux profils choisis parmi les plus représentatifs. Il s'agit de deux ravines appartenant au même bassin versant et situées dans les *Badlands* spectaculaires développés à l'ouest de Berdun.

La ravine principale « Berdun a » (Fig. 3) est constituée sur son bas-parcours (O-B) par une zone d'accumulation où la pente est modérée (type III). En C, une cascade est causée par la rencontre d'une diaclase horizontale remplie de calcite qui forme le niveau de base principal pour tout le « bassin versant miniature ». Au-delà de B, la pente augmente brusquement et les dépôts cessent. A ce trajet correspond une vallée en V où seule l'érosion verticale joue ; c'est le type II. Notons, de D à E, une zone en escaliers avec

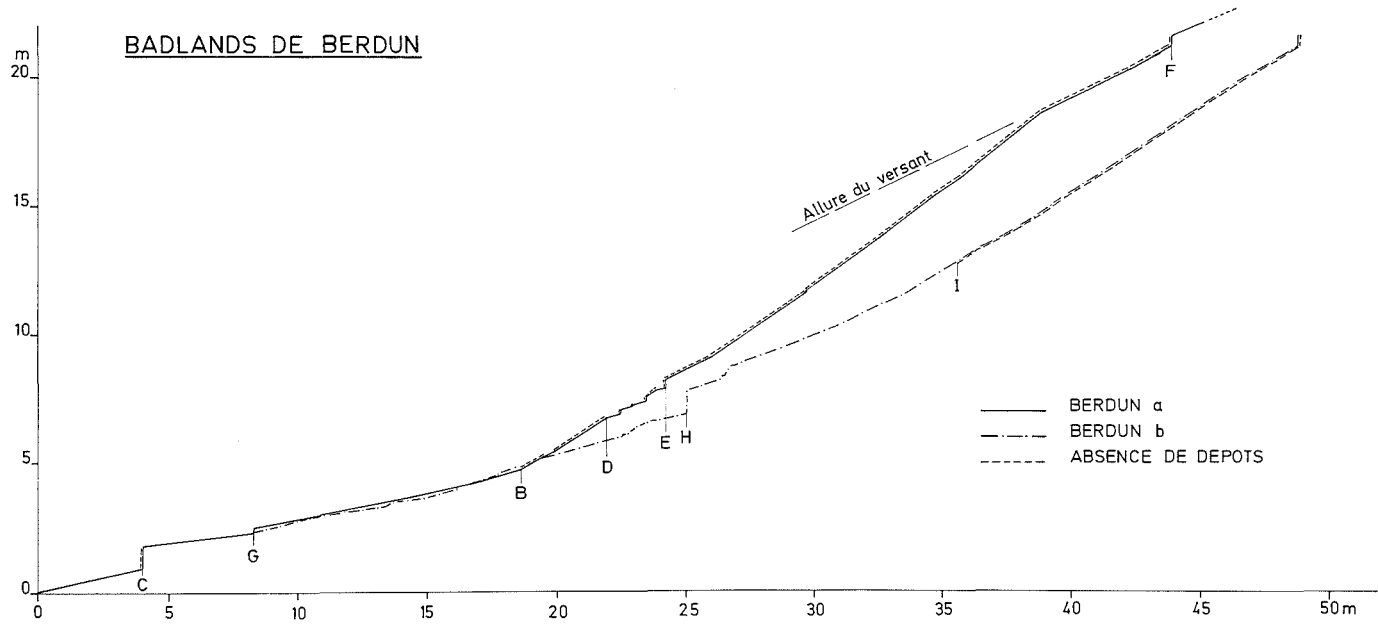


FIG. 3. — Profils longitudinaux de deux ravines appartenant aux *Badlands* de Berdun.

quelques passées d'accumulation détritique ; ces irrégularités sont dues à la traversée de quelques diaclases verticales tapissées de sels de fer. Le profil longitudinal se présente ainsi sous l'aspect d'une large concavité, même si le trajet B-F est rectiligne. Au-delà de F, le versant est seulement entamé par quelques griffes peu profondes du type I.

L'histogramme de pente (fig. 4) montre clairement que les dépôts, constitués en l'occurrence essentiellement de plaquettes de marne de 1 à 3 cm de longueur, se localisent entre 5 et 20° mais surtout entre 10 et 15°. D'autre part, l'érosion et le transport se situent entre 25 et 40°, avec un mode bien marqué de 30 à 35°. Un mode secondaire existe dans la classe unique de 45 à 90° : il est constitué par les cascades liées aux diaclases. En résumé, l'érosion et le dépôt se réalisent sur des classes de pente bien distinctes.

Quant à la ravine « Berdun b » (fig. 3), elle se jette dans le ravin principal en G. Sur le trajet G-B, les deux profils se confondent pratiquement. Les conditions sont d'ailleurs similaires : dépôt, vallée en U et faible pente. Cette allure se prolonge, avec la même pente, jusqu'en H. Ici également, le type III est bien développé. En amont de H, la pente augmente et est toujours accompagnée de dépôts sur des versants dépassant même 35°. En H, débouche une ravine affluente, particulièrement chargée en débris caillouteux. Les cailloux provenant des sommets de la ravine « Berdun b » viennent buter contre les apports de l'affluent qui forment barrage. Ainsi, de proche en

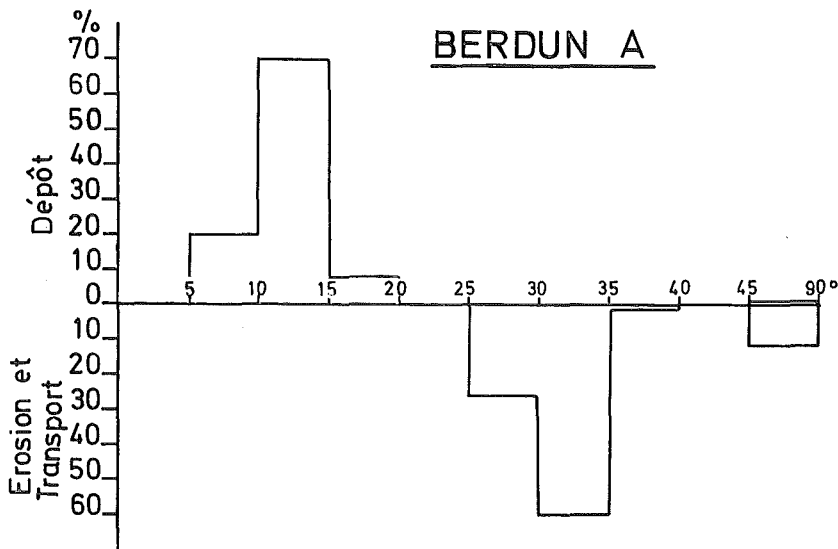


FIG. 4. — Histogramme des pentes de la ravine « Berdun a

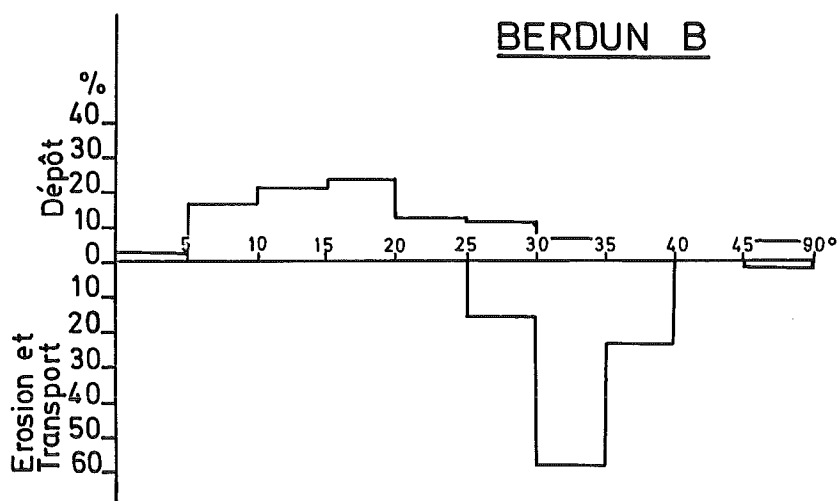


FIG. 5. — Histogramme des pentes de la ravine « Berdun b ».

proche, les dépôts remontent la pente, comblant la ravine en V. Ce remplissage a naturellement favorisé l'érosion latérale et permis le passage au type III et même localement au type IV. Cette *accumulation régressive* est également causée par la disproportion entre le matériel apporté — en l'occurrence des galets provenant d'une terrasse du Rio Aragon — et la compétence de la ravine. Il s'agit donc d'un dépôt de pente canalisé par la ravine qui l'a engendré. Ensuite, en amont de I, se retrouve le chenal en V du type II. Cette partie du profil est parallèle à celle du ravin principal.

L'histogramme des pentes (Fig. 5) montre, comme pour le chenal principal, que l'érosion est surtout localisée entre 25 et 40°, avec un mode entre 30 et 35°. Par contre, les dépôts se retrouvent sur des pentes allant de 0 à 40°. Le mode se situe entre 15 et 20°, mais est moins accentué. Cet étalement du dépôt sur une classe de pente aussi grande est dû à l'accumulation régressive.

Un autre profil a été réalisé à la limite méridionale du Canal de Berdun, à proximité de Martes. Là aussi, la majorité du dépôt se localise entre 10 et 15°, tandis que l'érosion se situe surtout entre 30 et 35°. Ce ravin traverse une série de bancs de grès qui donnent au profil en long une allure en gradins.

CONCLUSIONS

Les *badlands*, dont la description et le processus de formation ont seulement été envisagés ici, méritent que l'on poursuive leurs études en ne négli-

geant pas le domaine appliqué. En effet, si l'homme n'y remédie pas ou si les conditions climatiques ne changent pas, le développement de ces ravines d'érosion semble irréversible. Au pied de la cité de Berdun, certains champs se trouvent réduits à des formes biscornues et à des surfaces minimales. Il est prévisible qu'ils n'existeront plus dans un proche avenir.

D'autre part, l'observation de ravines comblées de limon jaune-gris nous permet d'affirmer que les *badlands* se sont déjà développés au cours d'une époque relativement récente (début de l'Holocène ?).

Les *badlands* peuvent aussi être considérés comme un modèle réduit de certains processus géomorphologiques.

(Université de Liège. Laboratoire de Géologie et de Géographie physique).

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- LLOPIS LLADO N., 1947. — *El relieve del Alto Valle del Aragón*, dans *Pirineos*, 3, vol. 5, pp. 81-166.
- SOLER SAMPERE M. et PUIGDEFABREGAS C., 1972. — *Esquema litológico del alto Aragón occidental*, dans *Pirineos*, 106, p. 5-15.
- WALTER H. et LIETH H., 1967. — *Klimadiagram Weltatlas*, G. Fischer Verlag, Iena, Planche I₂.
-

